

# Přehled HW a SW podpory výuky v oblasti MR zobrazovacích systémů na ČVUT FBMI

doc. Ing. Jiří Hozman, Ph.D.  
Katedra biomedicínské techniky, ČVUT FBMI

# Souvislosti

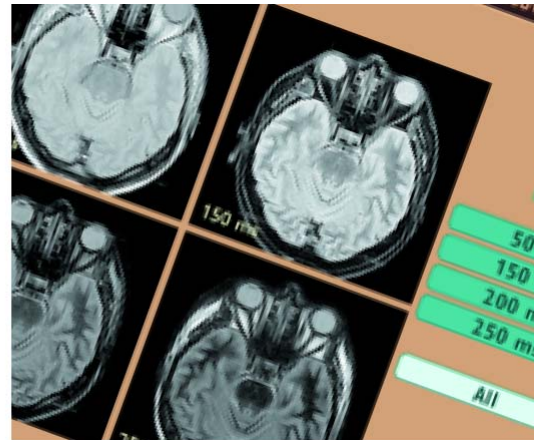
- 2002 – založení ÚBMI ČVUT a příprava akreditace BMKT
- 2002 – [CDROM – Understanding MRI](#)
- 2003 – zahájení výuky na ÚBMI ČVUT
- 2004 – [CDROM - The Animated Physics of MRI](#)
- 2005 – založení FBMI ČVUT [vč. knihovny](#)
- 2005 a dále – budování laboratoří
- 2008 – dokument [Nazí až na kost \(ČT\)](#)
- 2009 – [Terranova MRI, Magritek](#)
- 2011 – reakreditace včetně výuky v AJ a v KFS
- 2011 – [exkurze](#) v Německu (MDC Berlín)
- 2013 – výuková sestava [RF Coil Kit \(Birdcage, Loop\)](#)
- 2015 – [How it's made MRI scanner](#) (video z výroby)
- 2015 – [MRI simulátor](#)
- 2018 – rekonstrukce, nová laboratoř, [open MRI Esaote](#)

# CDROM Understanding MRI (SW)

- 2001 (řešilo se několik let od první reklamy),
- také součástí vydání časopisu Field Strength (July 2001)
- ve své době ojedinělý počín,
- velmi názorně zpracováno,
- výrazná výhoda v možnosti spuštění CDROMu nezávisle na verzi OS Windows (i v současné době),
- lze využít jak pro výuku, tak i pro samostudium,
- výhodou je také AJ.

# CDROM Understanding MRI (SW)

magnetic resonance







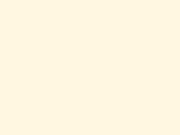

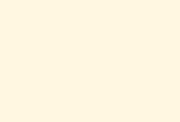
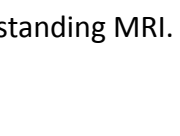
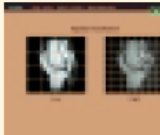

## Understanding MRI

*An interactive guide  
to MRI principles  
and applications*



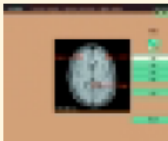



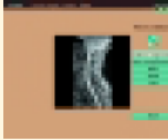


**PHILIPS**

# CDROM Understanding MRI (SW)

| BASIC PRINCIPLES   |  | IMAGE QUALITY  |  |
|--|--|--|--|
| <b>What is MR?</b><br>Introduction<br>Magnetic nuclei<br>Larmor precession<br>Magnetic resonance<br>Net magnetization<br>The MR signal<br>The RF pulse | <b>MR instrumentation</b><br>Intera<br>System layout<br>Magnets<br>Magnetic shielding<br>Gradients<br>RF system and coils<br><br><b>Quiz</b> | <b>Imaging objectives</b><br>Introduction<br><br><b>Contrast</b><br>Introduction<br>Origin of contrast<br>Spin echo<br>Gradient echo<br>Contrast and flow<br>MTC<br><br><b>Signal-to-noise</b><br>Introduction<br>Voxel size<br>Hardware<br>Pulse sequences<br>NSA<br>3D imaging<br>Halfscan<br>rFOV<br>Reduced acquisition<br>Water fat shift | <b>Scan time</b><br>Introduction<br>Matrix size<br>Pulse sequences<br>NSA<br>3D imaging<br>Halfscan<br>rFOV<br>Reduced acquisition<br><br><b>Artifacts</b><br>Introduction<br>Patient motion<br>Respiratory motion<br>Cardiac motion<br>Flow artifacts<br>Fold-over artifacts<br>Inhomogeneity<br><br><b>Fat artifacts</b><br>Introduction<br>Water fat shift<br>Water fat dephasing<br>STIR<br>SPIR<br><br><b>Contrast agents</b><br>Introduction<br>Mechanism of action<br>Applications CNS<br>Dynamic uptake<br>New developments<br><br><b>Quiz</b> |
| <b>Relaxation</b><br>Introduction<br>T2 relaxation<br>T1 relaxation<br>Image contrast  |    |   |    |
| <b>Image formation</b><br>Introduction<br>Image pixels<br>Slice selection<br>Spatial encoding  |    |    |   |
| <b>K-space basics</b><br>Introduction<br>What is k-space?<br>K-space properties  |    |    |   |
| <b>Volume scanning</b><br>Introduction<br>Multi-slice scans<br>Volume scans<br>Multi-slice versus 3D   |  |  |   |

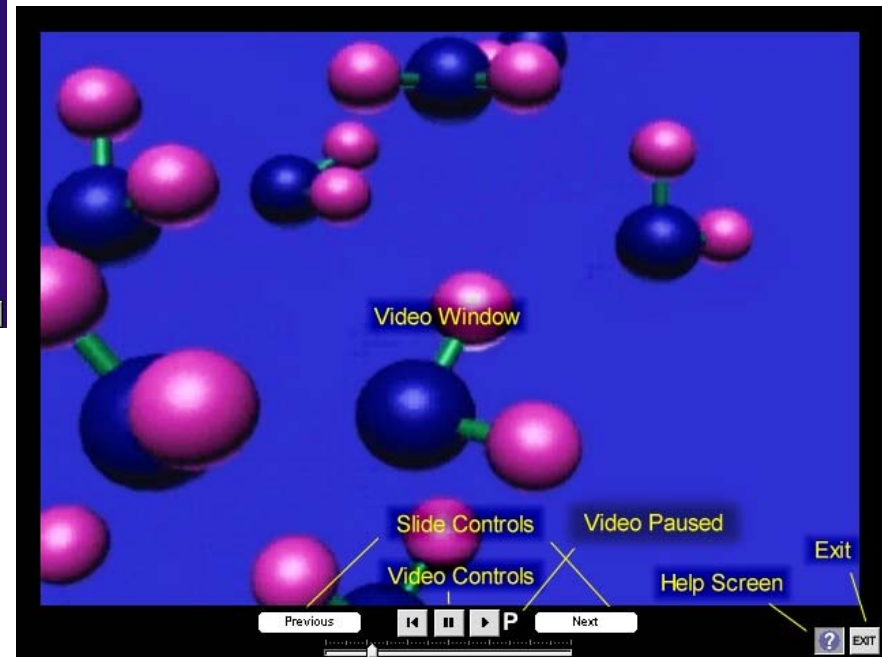
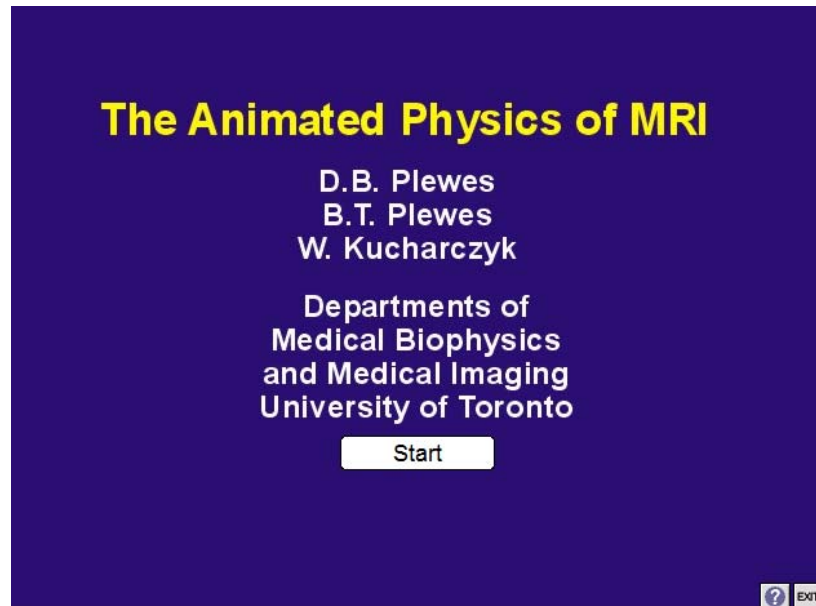
# CDROM Understanding MRI (SW)

| PULSE SEQUENCES   |  | PRACTICAL IMAGING   |   |
|---|--|---|---|
| <b>Spin echo</b><br>Introduction<br>Pulse sequence<br>Image appearance          | <b>General issues</b><br>Introduction<br>Comparisons<br>K-space pathways             | <b>Scan modes</b><br>Sella<br>Liver   | <b>Artifacts</b><br>Respiratory motion<br>Cardiac motion<br>Flow<br>Fold-over<br>Susceptibility |
| <b>Turbo spin echo</b><br>Introduction<br>Pulse sequence<br>Image appearance    | <b>Quiz</b>  | <b>Types of contrast</b><br>Brain<br>Knee<br>Spine<br>Abdomen   | <b>Fat artifacts</b><br>Water fat shift<br>Water fat dephasing                                  |
| <b>Inversion recovery</b><br>Introduction<br>Pulse sequence<br>Image appearance |    | <b>Pulse sequences</b><br>SE v. TSE<br>SE v. IR & IR-TSE<br>SE v. FFE & TFE<br>SE & TSE v. GRASE<br>FFE v. EPI  | <b>Contrast agents</b><br>Pre and post contrast<br>Dynamic uptake                               |
| <b>Fast field echo</b><br>Introduction<br>Pulse sequence<br>Image appearance    |   | <b>Sequence parameters</b><br>Spin echo<br>Turbo spin echo<br>Inversion recovery<br>Fast field echo<br>Turbo filed echo<br>Echo planar imaging<br>GRASE |             |
| <b>Turbo field echo</b><br>Introduction<br>Pulse sequence<br>Image appearance   |  | <b>Image quality</b><br>Signal-to-noise ratio<br>Spatial resolution<br>Scan time  |            |
| <b>EPI</b><br>Introduction<br>Pulse sequence<br>Image appearance                |  |   |            |
| <b>GRASE</b><br>Introduction<br>Pulse sequence<br>Image appearance              |  |   |   |

# CDROM The Animated Physics of MRI (SW)

- soubor animací s komentářem z realizovaných přednášek,
- bez zvukového doprovodu,
- velmi názorné animace (viz ukázka 3 animací),
- CDROM lze spustit bez omezení verze OS Win,
- po spuštění lze ovládat postupnou vizualizaci statických snímků a animací v logickém sledu,
- výhodou je možnost samostatného použití animací bez vlastního CD.

# CDROM The Animated Physics of MRI (SW)





# CDROM The Animated Physics of MRI (SW)

2

## MR Physics

---

- Fundamentals of Proton MR Physics
- MR Image Formation

Previous [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] Next ? EXIT

3

## Basic NMR Physics

---

- Magnetization
- Resonance
- Excitation and detection
- Rotating frame
- Dephasing
- T1 & T2 Relaxation

Previous [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] Next ? EXIT

31

## MR Imaging

---

- Image structure
- Fourier representation
- Magnetic field gradients
- Moving through K-space
- Collecting K-space data
- MRI sequence summary

Previous [1] [2] [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] Next ? EXIT

# Dokument „Nazí až na kost“

- původní americký dokument Naked to the Bone, 1997
- podle předlohy knihy Bettyann Holtzmann Kevles:  
Naked to the Bone,
- dokument ČT, český komentář, 21.1.2008

...Žádné jiné technologie neměly v historii medicíny tak velký dopad. Žádné jiné neodhalily tolik různých tajemství našeho těla. Žádné jiné nám neumožnily, abychom sami sebe viděli, jak vypadáme – **nazí až na kost**.

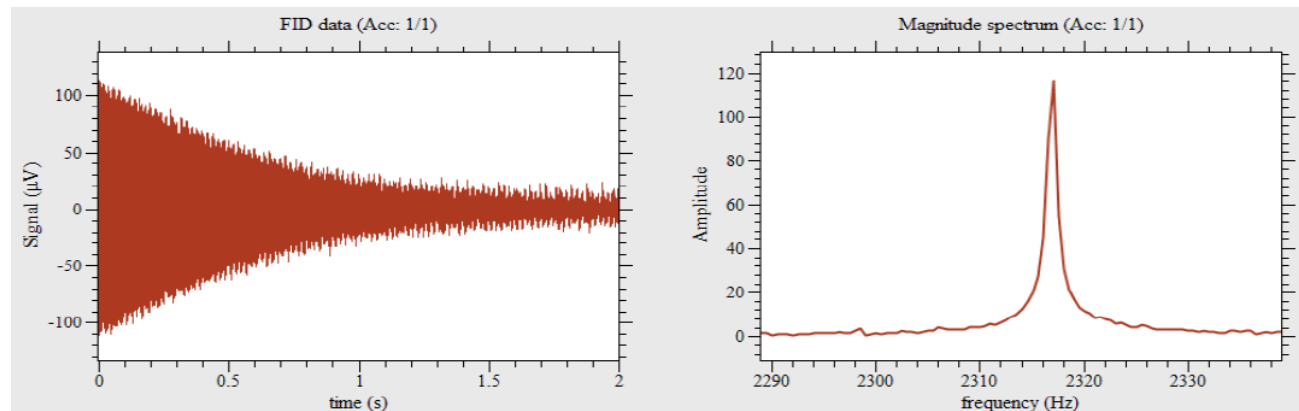
<https://www.ceskatelevize.cz/porady/10099291918-nazi-az-na-kost/20638253472/>  
<https://www.imdb.com/title/tt0325883/>  
<https://www.amazon.com/Naked-Bone-Medical-Imaging-Twentieth/dp/020132833X>



# Terranova MRI, Magritek (HW)



# Terranova MRI, Magritek (HW)



# MRI, Phywe (HW)



- problematické zkušenosti s výukovým HW Terranova MRI, Magritek (400 tis. Kč),
- výukový HW MRI, Phywe (1 200 tis. Kč),
- jiná, vhodnější koncepce pro výuku,
- zatím pouze snaha o získání v rámci různých projektů,
- výhodou možnost získání a prostudování kompletní sady manuálů předem,
- <https://www.phywe.com/en/magnetic-resonance-imaging-mri-ii.html>

# Educational RF Coil Kit (HW)

- **základní myšlenka** – připravit laboratorní cvičení s využitím reálných součástek, návrhem, měřením a realizací cívek odpovídající reálným podmínkám,
- dvě sady (kufříky s kompletní výbavou) – birdcage, loop, návody jak v ČJ, tak i v AJ,
- vytvořeno ve spolupráci s **MRI.TOOLS GmbH**,
- velmi dobré zkušenosti z výuky,
- záměrně realizujeme vždy všechny přednášky v první polovině semestru, ve druhé polovině pak následují všechna cvičení

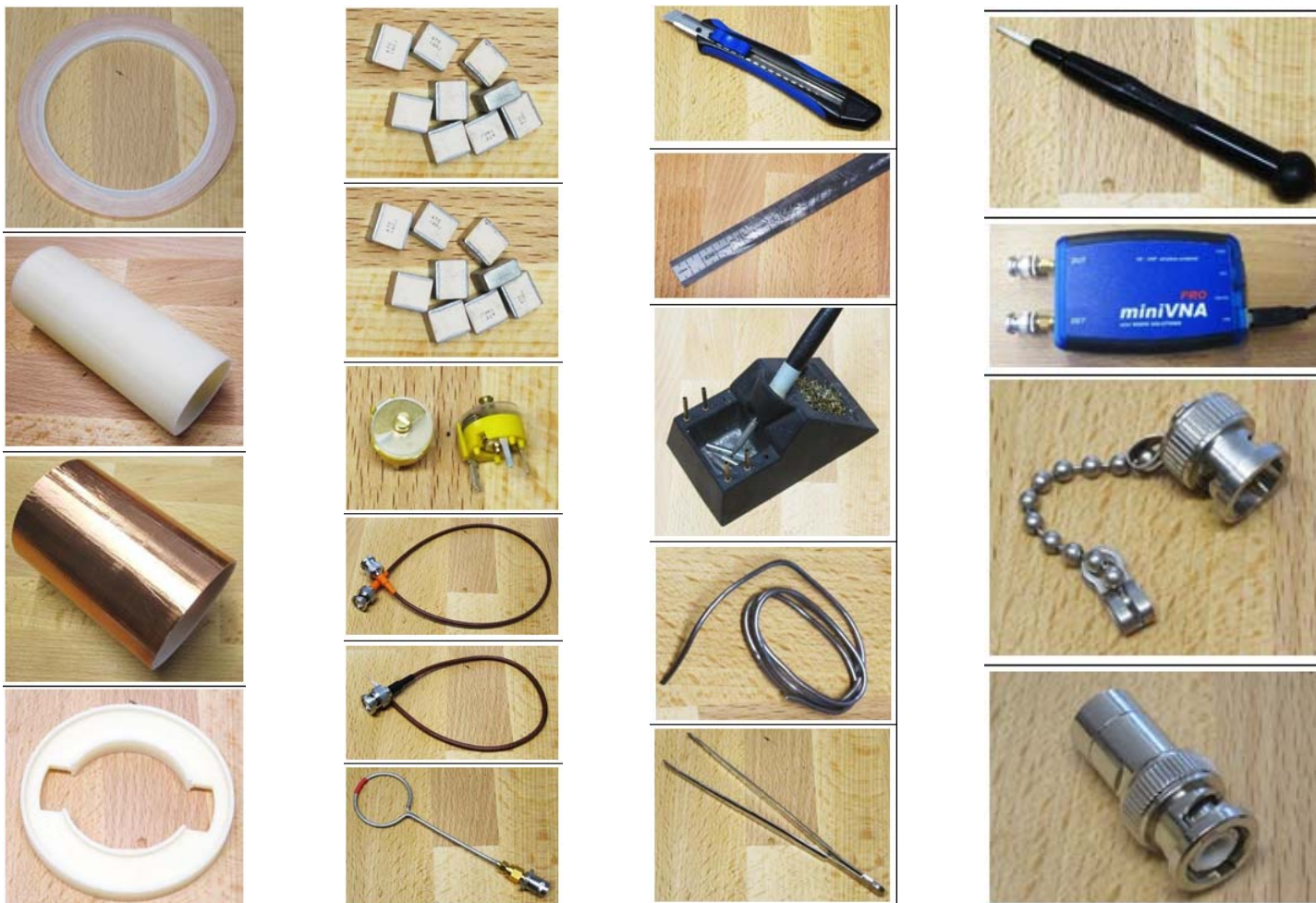
# Educational RF Coil Kit – Birdcage (HW)



## Obsah

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1    | Úvod   | 3  |
| 2    | Symbyly  | 3  |
| 3    | Obecné bezpečnostní pokyny                     | 3  |
| 4    | Součásti modulu                                | 4  |
| 5    | Nutné technické vybavení                       | 6  |
| 6    | Základní informace                             | 8  |
| 6.1  | Co je RF cívka?                                | 8  |
| 6.2  | Co je klecová RF cívka?                        | 8  |
| 6.3  | Co dělá síťový analyzátor?                     | 8  |
| 7    | miniVNA síťový analyzátor – základní informace | 9  |
| 7.1  | Instalace softwaru pro miniVNA                 | 10 |
| 7.2  | Kalibrace síťového analyzátoru miniVNA         | 11 |
| 7.3  | Uživatelské rozhraní                           | 13 |
| 8    | Konstrukce klecové RF cívky typu dolní propust | 15 |
| 8.1  | Dispozice RF cívky                             | 15 |
| 8.2  | RF stínění                                     | 17 |
| 9    | Konstrukce klecové RF cívky typu horní propust | 18 |
| 9.1  | Dispozice RF cívky                             | 18 |
| 9.2  | RF stínění                                     | 20 |
| 9.3  | Přizpůsobení sítě                              | 21 |
| 10   | Údržba   | 22 |
| 10.1 | Doplnění komponentů                            | 22 |
| 11   | Jste zaujati konstrukcí RF cívek?              | 22 |

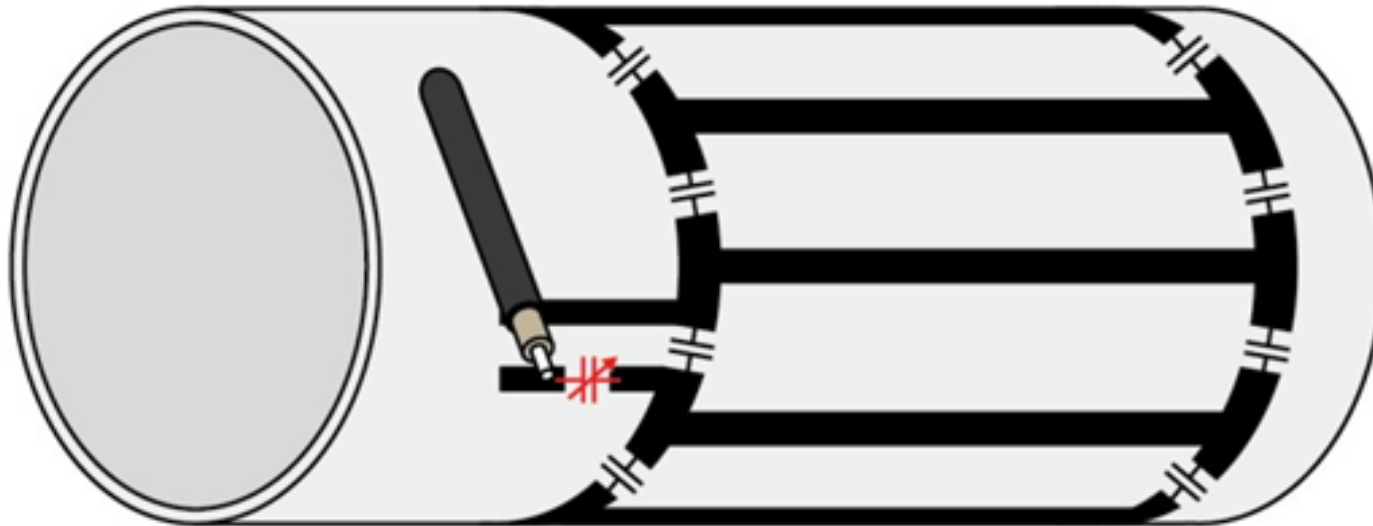
# Educational RF Coil Kit – birdcage - sestava (HW)



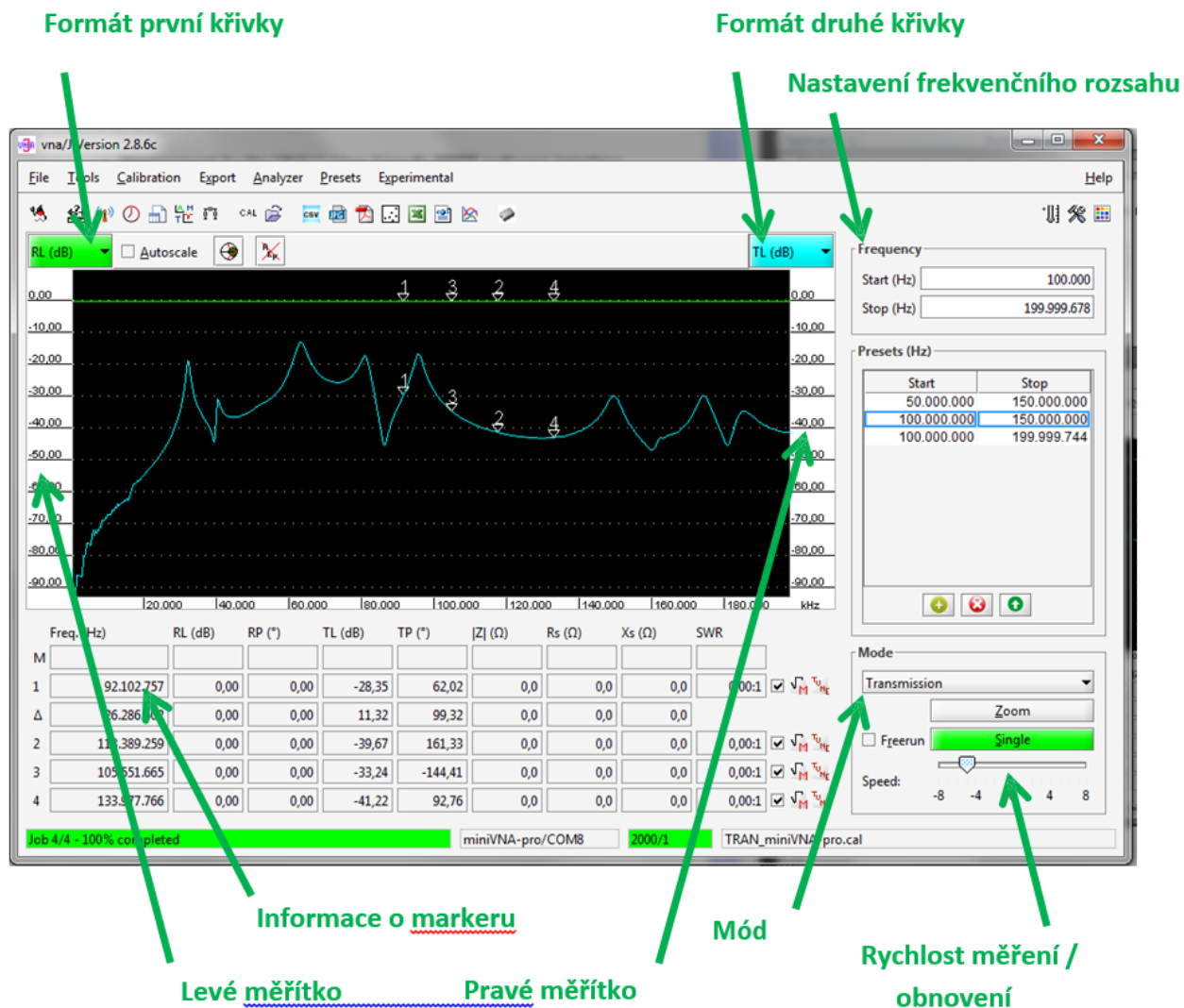
<https://predmety.fbmi.cvut.cz/cs/17pmbzmr>



# Educ. RF Coil Kit – birdcage - (HW)

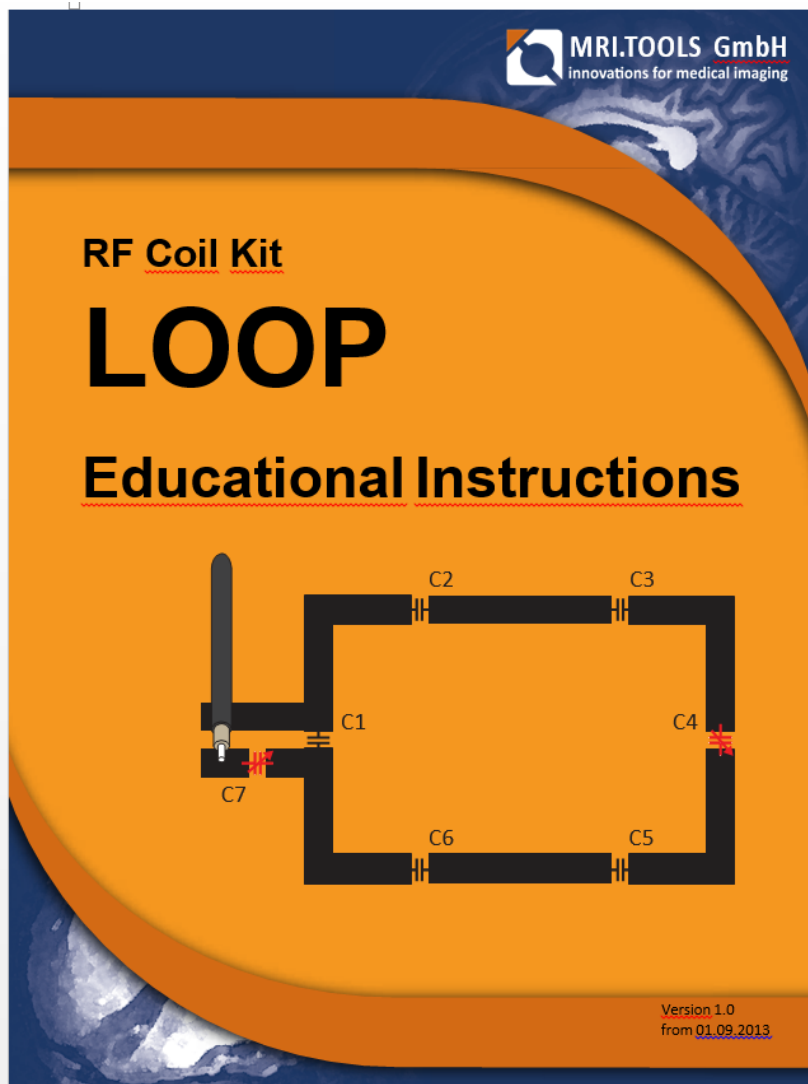


# Educational RF Coil Kit - (SW)



<https://predmety.fbmi.cvut.cz/cs/17pmbzmr>

# Educational RF Coil Kit - Loop (HW)



## Obsah

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1    | Úvod .....   | 3  |
| 2    | Symboly .....  | 3  |
| 3    | Obecné bezpečnostní pokyny .....                           | 3  |
| 4    | Součásti modulu .....                                      | 4  |
| 5    | Nutné technické vybavení .....                             | 6  |
| 6    | Základní informace .....                                   | 8  |
| 6.1  | Co je RF cívka? .....                                      | 8  |
| 6.2  | Co dělá síťový analyzátor? .....                           | 8  |
| 7    | miniVNA síťový analyzátor – základní informace .....       | 9  |
| 7.1  | Instalace softwaru pro miniVNA .....                       | 10 |
| 7.2  | Kalibrace síťového analyzátoru miniVNA .....               | 11 |
| 7.3  | Uživatelské rozhraní .....                                 | 13 |
| 8    | Základní experiment – konstrukce jednoduché RF cívky ..... | 15 |
| 8.1  | Dispozice RF cívky .....                                   | 15 |
| 8.2  | Ladění RF cívky .....                                      | 16 |
| 8.3  | Přizpůsobení sítě .....                                    | 18 |
| 9    | Pokročilý experiment #1 – Oddělení .....                   | 20 |
| 9.1  | Coupling RF cívek .....                                    | 20 |
| 9.2  | Geometrické oddělení .....                                 | 21 |
| 9.3  | Oddělení překrytím .....                                   | 21 |
| 10   | Pokročilý experiment #2 – Měnění kapacity .....            | 22 |
| 11   | Pokročilý experiment #3 – Změna indukčnosti .....          | 23 |
| 12   | Údržba .....   | 25 |
| 12.1 | Doplnění komponentů .....                                  | 25 |
| 13   | Jste zaujati konstrukcí RF cívek? .....                    | 25 |

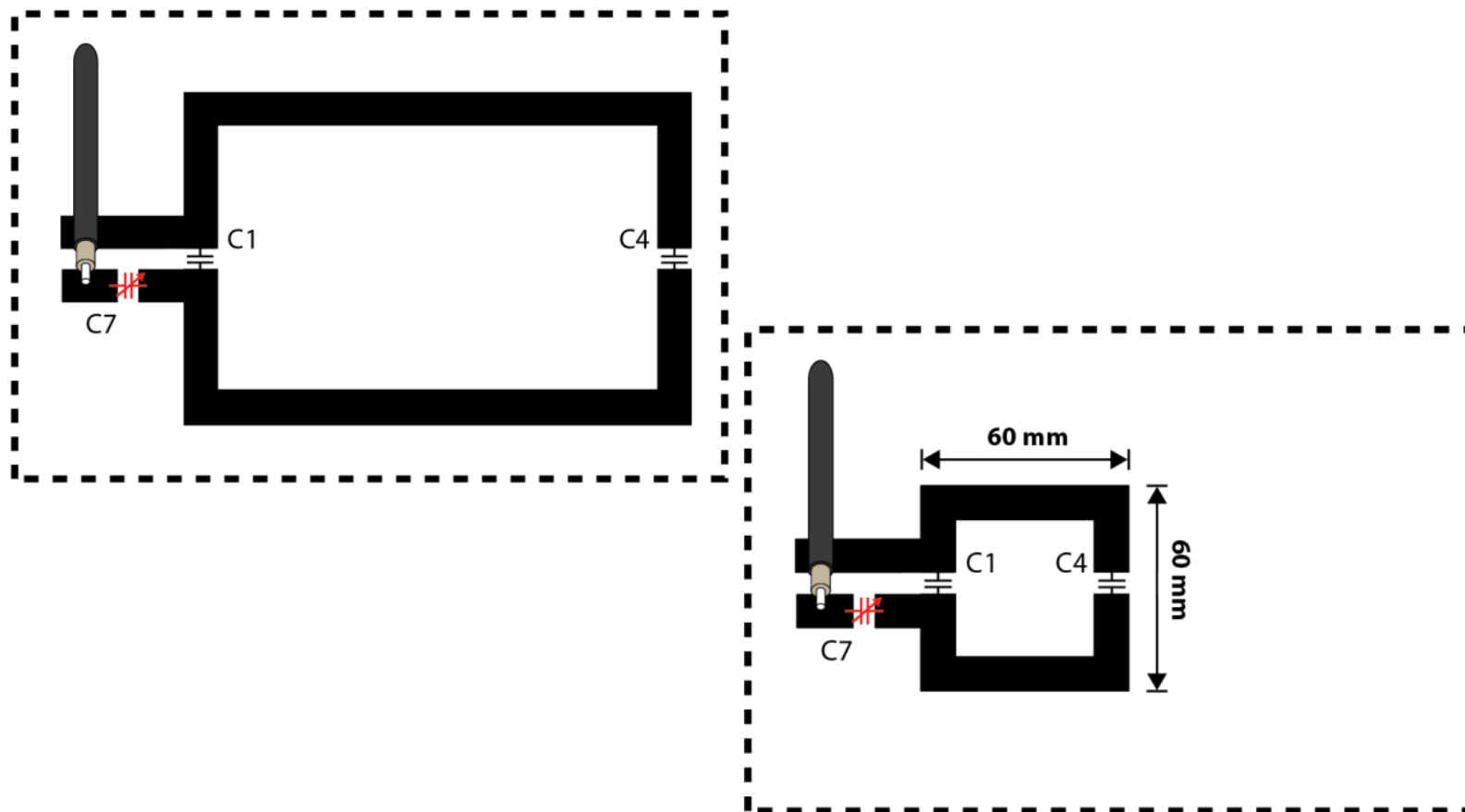
<https://predmety.fbmi.cvut.cz/cs/17pmbzmr>

# Educational RF Coil Kit – loop - sestava (HW)

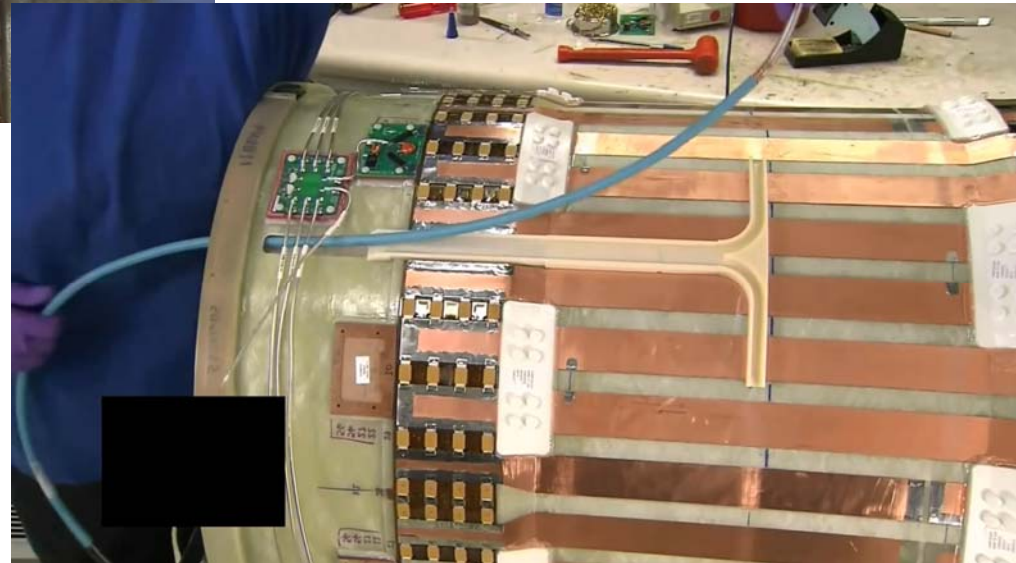


<https://predmety.fbmi.cvut.cz/cs/17pmbzmr>

# Educ. RF Coil Kit – loop - (HW)



# How it's made MRI scanner (výukové video)



# MRI simulátor

**View administrator panel**

**PATIENT INFORMATION**

Accession Number: 1  
Patient ID: 30916  
Patient Name: Person  
Patient Weight: 80

**PATIENT POSITION**

Patient Position: **Supine**  
Patient Entry: **Head First**  
Coil: Brain Coil  
Series Description:

**IMAGING PARAMETERS**

Plane: MP Mode: 2D  
Pulse seq.: T2 Gradient Echo  
Imaging Options:  
Protocol: brain

**AUTOVIEW**

**RX MANAGER**

Logout End Exam

| # | Series Description |
|---|--------------------|
| 1 | Multi-Plane Scout  |
| 2 | Sagittal T1        |
| 3 | Axial T2 FSE       |
| 4 | Axial Flair        |
| 5 | Axial T1           |
| 6 | Axial DWI          |
| 7 | Coronal T2 GRE     |

**SCAN TIMING**

| Parameter         | Value | Min  | Max  |
|-------------------|-------|------|------|
| TE                | 2     | 2.0  | 2.0  |
| TE2               | 0     | 20.0 | 20.0 |
| TR                | 65    | 20.0 | 70.0 |
| TI                | 0     | 0.0  | 1.0  |
| Flip Angle        | 15    | 0    | 36   |
| Echo Train Length | 0     | 0.0  | 1.0  |
| Bandwidth         | 0     | 0.0  | 1.0  |

**ADDITIONAL PARAMETERS**

SAT Graphic RX

**ACQUISITION TIMING**

| Parameter | Value | Unit |
|-----------|-------|------|
| Freq      | 256.0 |      |
| Phase     | 128.0 |      |
| NEX       | 1.00  |      |
| Phase DIR | 1     |      |
| Freq DIR  | S/I   |      |
| Shim      | Auto  |      |
| Amt       | 0 cc  | ml   |
| Agent     | None  |      |

**SCANNING RANGE**

| Parameter        | Value | Min  | Max  |
|------------------|-------|------|------|
| FOV              | 24    | 20.0 | 30.0 |
| Slice Thickness  | 5     |      |      |
| Slice Spacing    | 5     |      |      |
| Start            | x     |      |      |
| End              | x     |      |      |
| Number of Slices | 21    |      |      |

RX Scan Time: 00:00 Max # of slices: 21 Rel. SNR(%): 80 Est SAR: 0.9 dB/dt: First level  
# of Acqs.: 1.00 Total # of slices: 21 IDrive FPS: 20 Peak SAR: 1.8 SAR: First level

Prepare to Scan Save Series Scan

Převzato z instalace a licence zakoupené ČVUT FBMI (<http://www.iacionline.com/simulators.da> )

# Esaote E-scan XQ (The Open E-MRI)



*Shoulder coronal image*

*Turbo Spin Echo*

*TR=1370 ms*

*TE=50 ms*

*Thickness=4,5 mm*

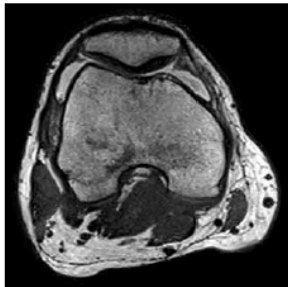
*Knee transverse image*

*3D Contrast Enhanced*

*TR=34 ms*

*TE=30 ms*

*Thickness=2.2 mm*



*Elbow sagittal image*

*Gradient Echo*

*TR=540 ms*

*TE=20 ms*

*Thickness=4 mm*

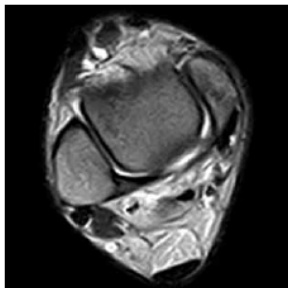
*Ankle transverse image*

*Turbo Multi Echo, Second Echo*

*TR=3080 ms*

*TE=90 ms*

*Thickness=5 mm*



*Wrist coronal image*

*Spin Echo T1*

*TR=540 ms*

*TE=24 ms*

*Thickness=3.5 mm*



Převzato z uživatelské dokumentace Esaote E-scan XQ

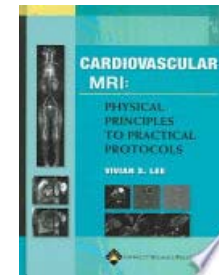


# Pomůcky a informační zdroje (vysoká kvalita na základě zkušeností)

- www stránka <http://www.mri-q.com> (1994)



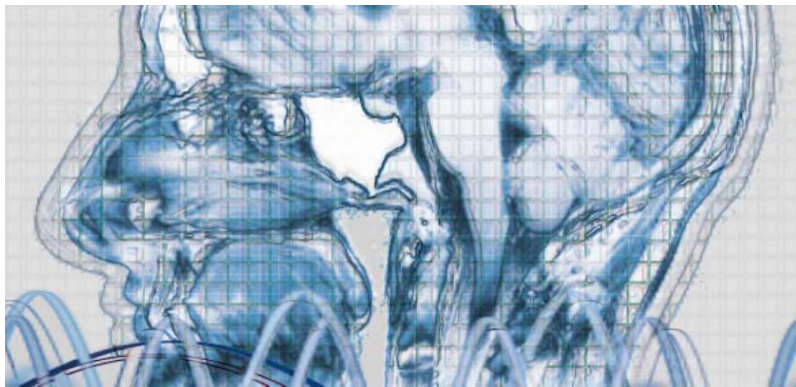
- kniha LEE, Vivian S. *Cardiovascular MRI: physical principles to practical protocols*. Ilustrovala Martha HELMERS. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2006. ISBN 0-7817-7996-0. (velmi názorné)



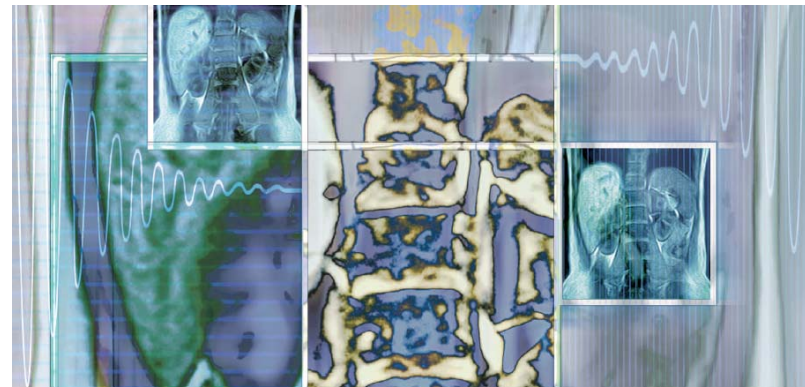
- www stránka (The Translational Neuroimaging Laboratory, kurz – 56 částí – video soubory)  
<http://www.einstein.yu.edu/labs/michael-lipton/education-training/introducing-mri/>



# Pomůcky a informační zdroje (velmi názorné, dostupné na www)



**Magnets, Spins, and Resonances**  
An introduction to the basics of  
Magnetic Resonance

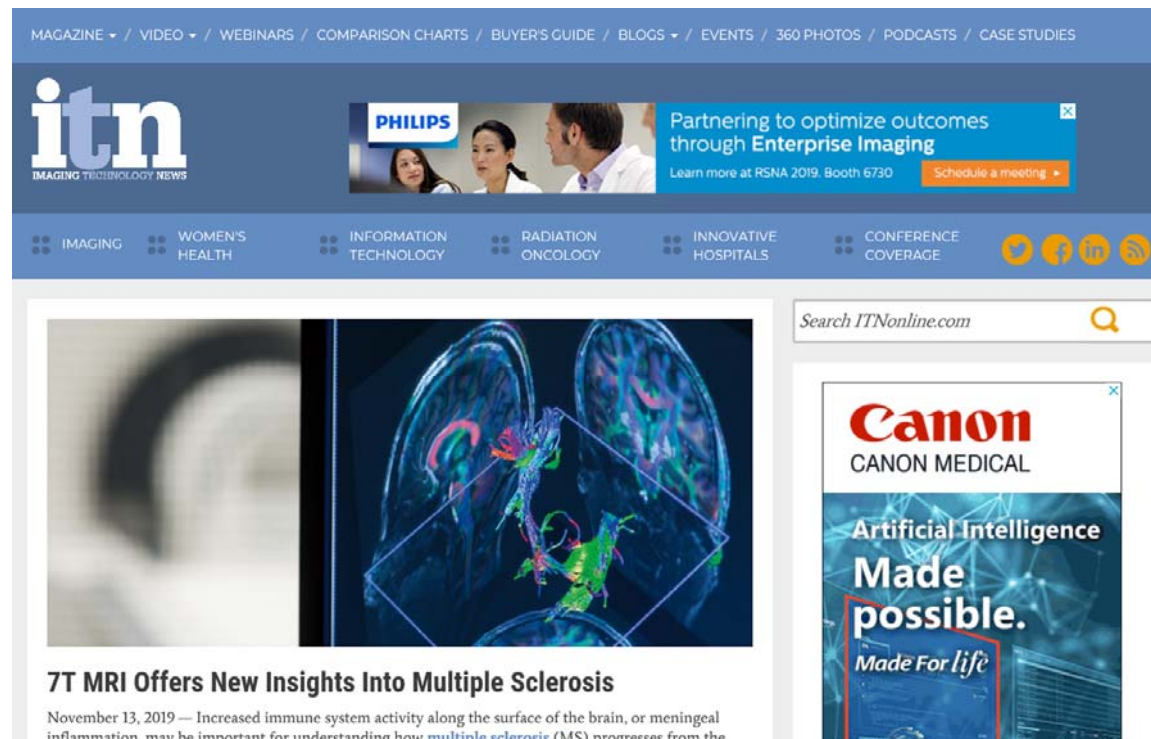


**Magnets, Flows, and Artifacts**  
Basics, Techniques, and Applications  
of Magnetic Resonance Tomography

# Pomůcky a informační zdroje (velmi aktuální a přehledné)

IMAGING TECHNOLOGY NEWS

<https://www.itnonline.com/> - včetně možnosti porovnání parametrů



MAGAZINE ▾ / VIDEO ▾ / WEBINARS / COMPARISON CHARTS / BUYER'S GUIDE / BLOGS ▾ / EVENTS / 360 PHOTOS / PODCASTS / CASE STUDIES

**itn**  
IMAGING TECHNOLOGY NEWS

**PHILIPS** Partnering to optimize outcomes through Enterprise Imaging  
Learn more at RSNA 2019. Booth 6730 [Schedule a meeting](#)

IMAGING WOMEN'S HEALTH INFORMATION TECHNOLOGY RADIATION ONCOLOGY INNOVATIVE HOSPITALS CONFERENCE COVERAGE

Search ITNOnline.com

**Canon**  
CANON MEDICAL  
Artificial Intelligence  
**Made possible.**  
Made For life

### 7T MRI Offers New Insights Into Multiple Sclerosis

November 13, 2019 — Increased immune system activity along the surface of the brain, or meningeal inflammation, may be important for understanding how multiple sclerosis (MS) progresses from the